

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2502441 Enginyeria Informàtica	OB	3	1
2502441 Enginyeria Informàtica	OT	4	1

## Professor de contacte

Nom: Jordi Gonzalez Sabaté

Correu electrònic: Jordi.Gonzalez@uab.cat

## Utilització d'idiomes a l'assignatura

Llengua vehicular majoritària: català (cat)

Grup íntegre en anglès: No

Grup íntegre en català: Sí

Grup íntegre en espanyol: No

## Prerequisits

Es recomana que per cursar aquesta assignatura s'hagin assolit les competències mínimes en les assignatures de Àlgebra, Càlcul, Matemàtica Discreta, Fonaments d'Informàtica i Metodologia de la Programació (primer curs), així com Intel·ligència Artificial, Estadística i Laboratori de Programació (segon curs).

## Objectius

L'assignatura d'Aprenentatge Computacional, s'emmarca dins de la menció de "Computació", junt amb les assignatures de "Coneixement, Raonament i Incertesa", "Visió per Computador" i "Robòtica, Llenguatge i Planificació". Per la seva temàtica, aquesta matèria no només és pels alumnes que cursen la menció de "Computació", sino que està estretament relacionada amb l'assignatura d'"Intel·ligència Artificial" de segon curs. També és molt recomanable haver cursat i sentir-se còmode amb els conceptes explicats en les assignatures de "Càlcul", "Àlgebra" i "Matemàtica discreta" de primer curs, i d'"Estadística" de segon curs, degut al fort contingut matemàtic de l'assignatura.

L'assignatura preten tant ampliar alguns dels temes desenvolupats durant "Intel·ligència Artificial", com introduir nous problemes associats a la intel·ligència artificial, principalment l'aprenentatge de conceptes i tendències a partir de dades. Es tracta de formar a l'alumne per ser un "enginyer de dades", i és una de les professions amb més futur i més demandades en l'actualitat per empreses com Facebook, Google, Microsoft i Amazon. De fet, es preveu que el creixement de la demanda d'aquest professionals en enginyeria de dades sigui exponencial a nivell europeu, sobretot degut al creixement en la generació de dades massives. Així, el principal objectiu de l'assignatura és que l'alumne sàpiga trobar una bona solució (a vegades la millor és impossible) a problemes en contextes diferents dels tractats, a partir d'identificar les necessitats de representació del coneixement i, segons sigui aquest, aplicar la/les tècnica/ques més adequada/es per generar automàticament bons models matemàtics que expliquin les dades amb un error acceptable.

Els continguts escollits per aquesta assignatura també es donen a les Universitats de Stanford, Toronto, Imperial College London, MIT, Carnegie Mellon i Berkeley, per posar els noms més representatius. Per tant, per una banda s'ofereix a l'alumne una oportunitat d'assolir uns coneixements i habilitats comparables als impartits en les millors universitats. Per altra banda, l'alumne ha de ser conscient que aquest coneixement que és punta de llança de l'estat de l'art té una dificultat inherent, implicant un estudi i una dedicació considerables, quantificada en hores en la secció d'Activitats formatives d'aquesta guia. Això és perquè en aquesta assignatura no només s'ensenyen els continguts més importants per esdevenir enginyer de dades, sino a més es treballa una línia de currículum que permeti ampliar el ventall de llocs de treball als que podreu accedir

després de la carrera, així com posar les bases metodològiques necessàries per fer un Màster en enginyeria de dades o en intel·ligència artificial.

Si busqueu una assignatura (i) per aprendre seriosament i no només per aprovar a la lleugera, (ii) per obrir-vos un mercat laboral a nivell europeu, i (iii) per descobrir els vostres límits aprenent els algorismes d'aprenentatge computacional més utilitzats no només per les grans empreses tecnològiques mencionades, sino també en moltes spin-offs d'enginyeria de dades en el nostre país, aquesta assignatura no us defraudarà si hi poseu actitud i aptitud.

Els objectius de l'assignatura es poden resumir en:

#### **Coneixements:**

- Descriure les tècniques bàsiques d'aprenentatge computacional.
- Enumerar els passos essencials dels diferents algorismes d'aprenentatge
- Identificar els avantatges i inconvenients dels algorismes d'aprenentatge que s'expliquen.
- Resoldre problemes computacionals aplicant diferents tècniques d'aprenentatge per trobar la solució òptima.
- Entendre el resultat i les limitacions de les tècniques d'aprenentatge en diferents casos d'estudi.
- Saber escollir l'algorisme d'aprenentatge més adequat per solucionar problemes contextualitzats.

#### **Habilitats:**

- Reconèixer les situacions en les quals l'aplicació d'algorismes d'aprenentatge computacional pot ser adient per solucionar un problema
- Analitzar el problema a resoldre i dissenyar la solució òptima aplicant les tècniques apreses
- Redactar documents tècnics relacionats amb l'anàlisi i la solució d'un problema
- Programar els algorismes bàsics per solucionar els problemes proposats
- Avaluar els resultats de la solució implementada i valorar les possibles millores
- Defensar i argumentar les decisions preses en la solució dels problemes proposats

### **Competències**

#### **Enginyeria Informàtica**

- Adquirir hàbits de pensament
- Adquirir hàbits de treball personal.
- Capacitat per a adquirir, obtenir, formalitzar i representar el coneixement humà en una forma computable per a la resolució de problemes mitjançant un sistema informàtic en qualsevol àmbit d'aplicació, particularment els relacionats amb aspectes de computació, percepció i actuació en ambients o entorns intel·ligents.
- Capacitat per a conèixer i desenvolupar tècniques d'aprenentatge computacional i desenvolupar i implementar aplicacions i sistemes que les utilitzin, incloent les dedicades a extracció automàtica d'informació i coneixement a partir de grans volums de dades.
- Capacitat per a tenir un coneixement profund dels principis fonamentals i models de la computació i saber-los aplicar per a interpretar, seleccionar, valorar, modelar i crear nous conceptes, teories, usos i desenvolupaments tecnològics relacionats amb la informàtica.
- Treballar en equip

### **Resultats d'aprenentatge**

1. Conèixer i aplicar les tècniques d'aprenentatge més adequades en diferents casos d'estudi.
2. Conèixer i comprendre les tècniques de representació del coneixement humà.
3. Desenvolupar la capacitat d'anàlisi, síntesi i prospectiva.
4. Desenvolupar un mode de pensament i raonament crítics.
5. Entendre i avaluar els resultats i limitacions de les tècniques d'aprenentatge més comunes.
6. Resoldre problemes computacionals aplicant diferents mecanismes d'aprenentatge necessaris per a trobar la solució òptima.
7. Treballar cooperativament.
8. Treballar de manera autònoma.

## **Continguts**

### **TEMA 1: INTRODUCCIÓ**

- Conceptes bàsics i història de l'aprenentatge computacional
- Tipus d'aprenentatge inductiu
- Els paradigmes bioinspirats i la singularitat

### **TEMA 2: APRENTATGE ESTADÍSTIC SUPERVISAT**

#### **2.1 NO SIMBÒLIC**

- Regressió de dades numèriques: descens del gradient
- Classificació de dades numèriques: màquines de vectors de suport
- Disseny d'experiments i avaluació de resultats

#### **2.2 SIMBÒLIC**

- Memorització com a aprenentatge mandrós
- Algorismes del veí més proper
- Case-Based Reasoning

### **TEMA 3: APRENTATGE ESTADÍSTIC NO SUPERVISAT**

#### **3.1 NO SIMBÒLIC**

- Clustering: k-means i Expectation-Maximization
- Detecció d'anomalies: Gaussianes multivariats.

#### **3.2 SIMBÒLIC**

- Sistemes recomanadors
- Content-based vs. Collaborative filtering

### **TEMA 4: APRENTATGE BIOINSPIRAT**

#### **4.2 ENFOC SUPERVISAT**

- Xarxes neurals artificials: algorisme de Backpropagation

#### **4.2 ENFOC NO SUPERVISAT**

- Xarxes neurals competitives i associatives

### 4.3 DEEP LEARNING

- Arquitectures neurals profundes

### 4.4 CERCA BIOINSPIRADA

- Algorismes genètics

## Metodologia

Tota la informació de l'assignatura i els documents relacionats que els estudiants necessitin es trobaran a la pàgina de Cerbero (<http://cerbero.uab.cat/moodle2/>), al menú de l'assignatura Aprenentatge Computacional (102787).

Les diferents activitats que es duran a terme en l'assignatura s'organitzen de la següent manera:

### Classes de pissarra

S'exposaran els principals conceptes i algorismes de cada tema de teoria. Aquests temes suposen el punt de partida en el treball de l'assignatura.

### Seminaris de problemes

Seràn classes amb grups reduïts d'estudiants que facilitin la interacció. En aquestes classes es plantejaran casos pràctics que requereixin el disseny d'una solució en la que es facin servir els mètodes vistos a les classes de teoria. És impossible seguir les classes de problemes si no es segueixen els continguts de les classes de teoria. El resultat d'aquestes sessions és assolir les competències necessàries per a la resolució de fins a 4 problemes que s'hauran d'entregar obligatòriament el dia del segon parcial de teoria. El mecanisme específic per a l'entrega s'indicarà en la pàgina web de l'assignatura (espai Cerbero).

### Pràctiques de laboratori

Els grups de treball estaran formats per 3-4 alumnes i s'hauran de formar la segona setmana del curs. Aquests grups de treball s'hauran de mantenir fins el final del curs i s'hauran d'autogestionar: repartiment de rols, planificació del treball, assignació de tasques, gestió dels recursos disponibles, conflictes, etc. Tot i que el professor guiarà el procés d'aprenentatge, la seva intervenció en la gestió dels grups serà mínima. Per desenvolupar el projecte, els grups treballaran de forma autònoma i les sessions de pràctiques s'han de dedicar principalment a resoldre dubtes amb el professor que farà el seguiment de l'estat del projecte, indicarà errors a corregir, proposarà millores, etc.

En la primera part de la sessió, es presentaran els projectes a resoldre i els alumnes definiran els seus rols (hi haurà un coordinador i un secretari per a cada una de les 4 pràctiques). Al llarg del semestre, els alumnes treballaran cooperativament i hauran d'analitzar el problema a resoldre, dissenyar i implementar solucions basades en diferents algorismes d'aprenentatge computacional vistos a classe, analitzar els resultats obtinguts per cada un dels mètodes, anàlisi dels paràmetres escollits, explicació del rendiment obtingut, etc.

Hi hauran 5 sessions que es marcaran com sessions de control en el que s'haurà de lliurar cada una de les 4 pràctiques (per la última pràctica hi hauran 2 sessions de control, una informativa dels resultats obtinguts i una altra d'avaluació de la feina feta). En aquestes sessions els grups hauran d'explicar la feina feta i el professor farà preguntes als membres del grup per valorar la feina realitzada. L'assistència a aquestes sessions és obligatòria únicament pel coordinador i secretari de la pràctica que s'estigui lliurant. Els grups faran una presentació del projecte on explicaran el projecte desenvolupat, la solució adoptada i els resultats obtinguts.

El codi del projecte es desenvoluparà en Python.

**En el cas dels repetidors**, no cal que tornin a fer les pràctiques: si es demana al professor responsable, se'ls convalidarà la nota que hagin tret el curs anterior, en el cas que hagin aprovat (nota  $\geq 5.0$ ). Si que hauran de tornar a fer les proves teòriques individuals i l'entrega dels problemes.

## Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
<b>Tipus: Dirigides</b>			
Classe de pissarra	26	1,04	1, 2, 4, 5, 6
<b>Tipus: Supervisades</b>			
Pràctiques de laboratori	12	0,48	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Seminaris de problemes	10	0,4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
<b>Tipus: Autònomes</b>			
Estudi individual	40	1,6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
Preparació, programació, documentació i presentació dels projectes pràctics	42	1,68	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

## Avaluació

### Activitats i instruments d'avaluació:

#### - Coneixements teòrics

La nota final de teoria es calcularà a partir de dos exàmens parcials:

$$\text{Nota Teoria} = (0.4 * \text{Parcial1}) + (0.6 * \text{Parcial2})$$

Parcial1 es fa a la meitat del semestre i serveix per eliminar part de la matèria si és aprovada. Parcial2 es fa al final del semestre lectiu i serveix per eliminar la part del temari que ve després de Parcial1.

Aquests exàmens pretenen una avaluació individualitzada de l'estudiant amb les seves capacitats de contestar a 10 preguntes curtes sobre les tècniques explicades a classe, així com avaluar el nivell de conceptualització que l'estudiant n'ha fet de les tècniques vistes.

Per aprovar la part de teoria de l'assignatura, caldrà complir dos requisits:

- caldrà que les notes dels parcials 1 i 2 siguin igual o superior a 4.0 (en tots dos parcials). En cas que es tregui menys d'un 4.0 en algun dels dos Parcial, s'haurà de tornar a fer el parcial que correspongui durant l'examen de recuperació.
- la nota final de teoria ha de ser més gran o igual que 4.0. En cas que la nota de teoria final no sigui igual o superior a 4.0, els estudiants es poden presentar a l'examen de recuperació per ser avaluats de tots les continguts vistos a l'assignatura.

Examen de recuperació (finals de gener o principis de febrer). En aquest examen es pot recuperar el(s) parcial(s) que no hagi(n) superat el 4.0, o recuperar tot el temari en el cas que la nota final de teoria no superi el 4.0.

#### - Projecte de pràctiques

L'avaluació de cada un dels 4 projectes de pràctiques inclourà:

– Avaluació conjunta del projecte: nota única per tots els membres del grup de treball que valorarà el resultat global del projecte, la qualitat del codi, l'estructura general de la presentació final i els documents lliurats al llarg del projecte.

– Avaluació individual: es valorarà el treball individual a partir de les respostes a les preguntes en les sessions de control, de la presentació final del projecte i principalment de la participació activa en els fòrums de Cerbero. En els casos requerits per qualsevol grup (en casos d'incidències entre companys), s'avaluarà un breu formulari confidencial qualificant la contribució de cada company de grup al resultat final.

La nota del projecte es calcularà segons la fórmula (normalitzada pel número total de pràctiques):

$$\text{Nota Projecte} = (0.8 * \text{Nota Grup}) + (0.2 * \text{Nota Individual})$$

$$\text{Nota Grup} = (0.5 * \text{Programa}) + (0.1 * \text{Presentació}) + (0.4 * \text{Documentació})$$

Pels repetidors, la nota de pràctiques serà la mateixa que van obtenir l'any passat, sempre que sigui superior o igual a 5.0.

No hi ha recuperació de les pràctiques: en cas de no presentar una entrega o considerar-la copiada, si la Nota Projecte final no supera el 5.0, es considera l'assignatura suspesa.

### – Treball als seminaris de problemes

Els problemes tenen com objectiu provocar que l'estudiant entri amb els continguts de l'assignatura de manera continuada i, a partir de petits problemes, que es familiaritzi directament en l'aplicació de la teoria. Com a evidència d'aquest treball es demana la presentació opcional d'un portfoli en el que haurà anat guardant els problemes que haurà anat realitzant.

Nota Problemes = Avaluació del portfoli amb 4 problemes resolts, entregats opcionalment el dia del segon parcial Parcial2.

No hi ha recuperació dels problemes: en cas de no entregar els problemes el dia del Parcial2, no es tindran en compte per calcular la Nota Final.

### – Avaluació de competències transversals

Els exàmens parcials permetran avaluar la vostra adquisició d'hàbits de pensament i de treball personal (Nota teoria). Amb els projectes de pràctiques, també s'avaluarà el treball en equip (Nota Grup) i el treball personal (Nota Individual).

**La nota final de l'assignatura** s'obté combinant l'avaluació d'aquestes 3 activitats de la manera següent:

$$\text{Nota Final} = (0.4 * \text{Teoria}) + (0.5 * \text{Projecte}) + (0.1 * \text{Problemes})$$

### **Matrícules d'Honor:**

Es concediran Matrícules d'Honor a les notes més elevades, fins arribar al cinc per cent o fracció dels alumnes matriculats en tots els grups de docència de l'assignatura. Només es podran atorgar a estudiants que hagin obtingut una qualificació final igual o superior a 9.

### **Condicions per aprovar:**

- La nota final de teoria ha de ser més gran o igual que 4.0 per poder aprovar la part de teoria.
- La nota del projecte ha de ser més gran o igual que 5.0 per poder aprovar la part de pràctiques.
- La nota final de l'assignatura ha de ser més gran o igual que 5.0 per poder aprovar l'assignatura.

En el cas de no arribar al mínim exigít en alguna de les activitats d'avaluació (Teoria o Pràctiques), si el càlcul de la nota final fos igual o superior a 5, es posarà un 4,5 de nota final de l'assignatura a l'expedient.

Si l'alumne es presenta als examens parcials o de recuperació, i presenta totes les pràctiques, però no arriba al mínim necessari (5.0), la nota numèrica de l'expedient serà el valor menor entre 4.5 i la mitjana ponderada de les notes que s'hagi assolit.

Si l'alumne es presenta a un dels dos examens parcials o si presenta alguna de les quatre pràctiques, ja no podrà ser avaluat com a "No Avaluable" (un 0 de nota final) en el cas que no es presenti a cap de les altres avaluacions, sinó que se li calcularà la nota final a partir d'aquelles avaluacions continuades a les que s'hagi presentat.

### Notes importants:

Les dates d'avaluació continuada i lliurament de treballs es publicaran al Cerbero (<http://cerbero.uab.cat/>), a l'espai d'aquesta assignatura i poden estar subjectes a canvis de programació per motius d'adaptació a possibles incidències; sempre s'informarà a [cerbero.uab.cat](http://cerbero.uab.cat) sobre aquests canvis ja que aquesta plataforma esdevindrà el mecanisme habitual d'intercanvi d'informació entre professor i estudiants.

Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que s'estimin oportunes, i d'acord amb la normativa acadèmica vigent, es qualificaran amb un zero les irregularitats comeses per l'estudiant que puguin conduir a una variació de la qualificació d'un acte d'avaluació. Per tant, plagiar, copiar o deixar copiar una pràctica o qualsevol altra activitat d'avaluació implicarà suspendre-la amb un zero i no es podrà recuperar en el mateix curs acadèmic. Si aquesta activitat té una nota mínima associada, aleshores l'assignatura quedarà suspesa.

## Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Documentació escrita, presentació, seguiment	25%	5	0,2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Lliurament de problemes	10%	4	0,16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Projecte pràctic	25%	5	0,2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Proves teòriques individuals	40%	6	0,24	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8

## Bibliografia

### Enllaços web

- Cerbero: <http://cerbero.uab.cat>
- Artificial Intelligence: A Modern Approach. <http://aima.cs.berkeley.edu/>

### Bibliografia bàsica

- S. Russell, P. Norvig. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Ed. Prentice Hall, Second Edition, 2003. (Existeix traducció al castellà: **Inteligencia artificial: Un Enfoque Moderno**)

### Bibliografia complementària

- Bishop, **Pattern Recognition and Machine Learning**, 2007.
- Duda, Hart, and Stork, **Pattern Classification**, 2nd Ed., 2002.
- Marlsand, **Machine Learning: an Algorithmic Perspective**, 2009
- Mitchell, **Machine Learning**, 1997

- Ripley, **Pattern Recognition and Neural Networks**, 1996.

### **Bibliografia relacionada**

- Eberhart, Shi, **Computational Intelligence: Concepts to Implementations**, 2007

- Friedman, Tibshirani, **The Elements of Statistical Learning**, 2009.

- Gilder, Kurzweil, Richards, **Are we spiritual machines? Ray Kurzweil vs. the Critics of Strong AI**, 2011

- Kurzweil, **The Singularity is Near: When Humans transcend Biology**, 2006

- Rosen, **Life Itself: A Comprehensive Inquiry into the Nature, Origin, and Fabrication of Life (Complexity in Ecological Systems)**, 2005

- Witten, Frank, Hall, **Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques**, 2011